

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/001339

International filing date: 10 February 2005 (10.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 10 2004 007 038.5

Filing date: 12 February 2004 (12.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 19 April 2005 (19.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**EPO-Munich  
83

07 April 2005

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 10 2004 007 038.5**Anmeldetag:** 12. Februar 2004**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Feststellung des Zustands eines  
Rußpartikelfilters**IPC:** F 01 N 3/023**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 1. März 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

  
D. Körzer

DaimlerChrysler AG

Ulla Bonn

04.02.2004

Vorrichtung zur Feststellung des Zustands eines  
Rußpartikelfilters

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Feststellung des Zustands eines Rußpartikelfilters, insbesondere für Dieselmotoren, mit einem Rußsensor zur Messung der abgelagerten Rußmenge.

Aus der WO 93/05388 ist ein derartiger Rußsensor bekannt, der aus einer Sendeantenne und einer Empfangsantenne besteht. Durch Übertragungsverluste des durch den Rußfilterkörper hindurchwandernde Sendesignal wird als Maß für die Rußbeladung genommen. Ein derartiger Rußsensor ist jedoch sehr aufwendig und kostenintensiv, zumal es sich beim Sendesignal um ein Mikrowellensignal handelt.

Aus der DE 19933988 A1 und der EP 587146 sind Vorrichtungen zur Bestimmung der Rußbeladung eines Rußpartikelfilters bekannt, bei denen die Rußbeladung aus der Druckdifferenz zwischen Eingangsseite und Ausgangsseite des Partikelfilters abgeleitet wird. Da der Differentialdruck jedoch nicht nur vom Beladungszustand des Partikelfilters, sondern auch von der Aschebeladung und Gasströmung durch den Filter abhängt, ist die Messgenauigkeit bisher unbefriedigend.

In der EP 1106996 A2 ist ein Rußsensor beschrieben, bei dem in definierten zeitlichen Abständen ein Substrat, das dem rußhaltigen Gas ausgesetzt ist bis zur Zündtemperatur des Rußes aufgeheizt wird. Die dann freigesetzte und gemessene Wärmemenge dient als Maß für die Rußbeladung. Weiterhin ist aus der DE 3525755 C1 ein optisches Messverfahren bekannt, das aufgrund der durch Ruß verursachten Trübung des Abgases und der damit veränderten optischen Wegstrecke ein rußabhängiges Signal liefert. Diese beiden Messverfahren eignen sich nicht für die direkte Beladungserkennung von Rußpartikelfiltern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine für Rußpartikelfilter in Kraftfahrzeugen geeignete Vorrichtung zur Bestimmung der abgelagerten Rußmenge zu schaffen, die einfach und kostengünstig realisierbar und weitgehend störungsunanfällig ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht insbesondere darin, dass in einer Grundausführung lediglich zwei robuste und störungsunanfällige Messelektroden benötigt werden, wobei die Messung der Impedanz oder Kapazität zwischen diesen Messelektroden als einfaches und kostengünstiges Verfahren ausgebildet werden kann, das zudem störungsunanfällig ist. Der Rußfilterkörper ist bei einer Ausführung selbst der mit diesen Messelektroden versehene Sensor und in einer anderen Ausführungsvariante kann ein entsprechend ausgebildeter einfacher Sensor dem Rußfilterkörper nachgeordnet werden. Das elektrische Sensorsignal ist ein direktes Maß für die Rußbeladung und damit ein Maß für den Partikelfilterzustand.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

Die Messmittel sind in einer bevorzugten Ausführungsform zur Messung des Wechselstromwiderstands und/oder der Kapazität ausgebildet. Weiterhin können sie auch in vorteilhafter Weise den Betrag und die Phase der elektrischen Impedanz messen. Zur Impedanzmessung dient zweckmäßigerweise ein Wechselstrom mit einer Frequenz im kHz- bis MHz-Bereich.

Besonders zweckmäßig haben sich auch Schaltmittel zur automatischen Einleitung der Filterregenerierung bei Erreichen eines vorgebbaren Auslösemesswerts erwiesen. Diese oder andere Schaltmittel können auch zur automatischen Beendigung der Filterregenerierung bei Erreichen eines vorgebbaren Grenzmesswerts dienen. Hierdurch kann in einfacher Weise eine vollautomatische Filterregenerierung durchgeführt werden.

Da die Messwerte, also die Sendersignale auch von der Temperatur des Rußpartikelfilters abhängen, sind in vorteilhafter Weise Temperaturmessmittel zur Erfassung der Filtertemperatur und zur Temperaturkompensation des jeweiligen Messsignals vorgesehen. Als Temperaturmessmittel ist wenigstens ein Temperatursensor vorgesehen, der zweckmäßigerweise an oder in wenigstens einer der Messelektroden integriert ist. Hierzu ist er vorzugsweise als aufgedruckte temperaturabhängige Leiterstruktur, insbesondere als Dickschichtmetallwiderstand, ausgebildet. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, dass die wenigstens eine Messelektrode zur Bildung des Temperatursensors als temperaturabhängige Leiterstruktur ausgebildet ist.

Bei einer bevorzugten, Rußfilterkörper integrierten Ausführung ist das wenigstens eine Elektrodenpaar in Form von Drähten, Plättchen, aufgetragenen Flächen oder in Dickschichttechnik direkt auf oder im Rußfilterkörper angeordnet. Im Falle eines separaten Rußfiltersensors erfolgt eine entsprechende Anordnung auf dem Substrat.

Bei der im Rußfilterkörper integrierten Ausführung kann das wenigstens eine Elektrodenpaar in oder an unterschiedlichen Kanälen durch den Rußfilterkörper oder an dessen Außenseite angeordnet sein, insbesondere an den Längsaußenseiten und/oder Stirnflächen.

Es können in weiteren zweckmäßigen Ausgestaltungen auch mehrere Elektrodenpaare in axialer und/oder radialer Richtung nebeneinander angeordnet sein, beispielsweise auch in einer spiralförmigen Anordnung. In Verbindung mit Messmitteln dieser mehreren Elektrodenpaare kann in vorteilhafter Weise eine Ortsauflösung der Rußbeladung des Rußfilterkörpers erreicht werden.

Bei einer Ausbildung als vom Rußfilterkörper separater Sensor kann das mit dem wenigstens einen Elektrodenpaar versehene Substrat bezüglich der Strömungsrichtung durch den Rußpartikelfilter hinter dem Rußfilterkörper oder an dessen Rückseite angeordnet sein. Das wenigstens eine Elektrodenpaar kann dabei in Form einer Interdigitalelektrodenstruktur auf dem als Keramiksubstrat ausgebildeten Substrat angeordnet sein. Alternativ hierzu kann der Temperatursensor auch durch ein Dielektrikum getrennt unter einer Messelektrode oder an der Rückseite des Substrats angeordnet sein.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Rußpartikelfilters mit einem in Strömungsrichtung dahinter angeordneten separaten Rußsensor,
- Fig. 2 den Rußfilterkörper eines entsprechenden Rußpartikel-filters mit an den Längsseiten angeordneten Elektrodenpaaren,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Messvorgangs,
- Fig. 4 eine weitere Anordnung eines an zwei angrenzenden Längsseiten des Rußfilterkörpers angeordneten Elektrodenpaars,
- Fig. 5 ein im Innern des Rußfilterkörpers angeordnetes Elektrodenpaar,
- Fig. 6 eine weitere Anordnung eines im Innern des Rußfilterkörpers angeordneten Elektrodenpaars,
- Fig. 7 eine Kennlinie zur Erläuterung des sich verändernden elektrischen Widerstands,
- Fig. 8 eine Kennlinie zur Erläuterung der sich verändernden Kapazität und
- Fig. 9 zwei Kennlinien zur Erläuterung des sich verändernden Wechselstromwiderstands bei unterschiedlichen Frequenzen.

In Figur 1 ist ein Rußpartikelfilter für Kraftfahrzeuge, insbesondere für Dieselfahrzeuge, schematisch dargestellt. Er besteht aus einem Gehäuse 10 mit einem Abgaszulauf 11 und einem Abgasauslass 12. Das Gehäuse 10 enthält einen Rußfilterkörper 13 aus einem Keramikfiltermaterial, der eine Vielzahl von an der Zulaufseite mündenden Sackkanälen 14 und eine

Vielzahl von an der Auslassseite mündenden Sackkanälen 15 besitzt. Das Abgas tritt in die zulaufseitigen Sackkanäle 14 ein und gelangt durch die Wandungen in die auslassseitigen Sackkanäle 15. Dabei werden die Rußpartikel durch diese Wandungen ausgefiltert.

In Strömungsrichtung A hinter dem Rußfilterkörper 13 ist ein Rußsensor 16 im Abgasauslass 12 angeordnet. Er könnte prinzipiell auch näher am Rußfilterkörper 13 oder an dessen Rückseite angeordnet sein. Dieser Rußsensor 16 besteht im Wesentlichen aus einem plättchenförmigen Keramiksubstrat 17, auf dem wenigstens zwei Messelektroden 18, 19 aufgebracht sind. Sie können beispielsweise in Dickschichttechnik, durch Aufpinseln oder Aufsprühen oder in Form einer Interdigitalelektrodenstruktur aufgebracht sein. Rußpartikel setzen sich an der Oberfläche des Keramiksubstrats 17 ab und verändern dadurch die elektrische Impedanz zwischen den Messelektroden 18, 19. Die sich verändernde Impedanz ist ein Maß für die Menge der abgesetzten Rußpartikel. Dies wird in Verbindung mit den Figuren 4 sowie 7 bis 9 noch näher erläutert. Für diesen Rußsensor 16 kann nicht nur die Qualität des Abgases, sondern auch der Zustand des Rußfilterkörpers 13 festgestellt werden, beispielsweise auch einen Durchbruch durch diesen Rußfilterkörper.

Bei dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind zwei aus Messelektroden 20 bis 23 bestehende Elektrodenpaare an entgegengesetzten Längsseitenflächen des Rußfilterkörpers 13 angeordnet. Diese Messelektroden 20 bis 23 können beispielsweise in Form von Drähten, Plättchen, aufgetragenen Flächen oder in Dickschichttechnik auf dem keramischen Rußfilterkörper 13 aufgebracht sein. Bei diesem Ausführungsbeispiel dient der Rußfilterkörper 13 selbst als Sensor und es wird die Abhängigkeit der elektrischen Impedanz zwischen den

Messelektroden 20, 21 bzw. 22, 23 von der Beladung des Fußfilterkörpers mit Fußpartikeln ausgenutzt. Die gemessene Impedanz ist jeweils ein Maß für die Fußbeladung des Partikelfilters und damit ein Maß für den Partikelfilterzustand. Zur Messung der Impedanz zwischen den Messelektroden 20, 21 bzw. 22, 23 dient eine Impedanzmessanordnung 24, die auch als einfache Widerstandsmessanordnung ausgebildet sein kann, beispielsweise auch als Gleichstrom-Widerstandsmessanordnung. Figur 7 zeigt, dass der Widerstand zwischen den Messelektroden bei zunehmender Betriebsdauer  $t$  abnimmt, da sich immer mehr leitende Fußpartikel zwischen den Messelektroden im Fußfilterkörper 13 ansammeln. Entsprechend zeigt Figur 8 die sich mit wachsender Fußbeladung verändernde Kapazität zwischen den Messelektroden im Falle einer Ausbildung der Impedanzmessanordnung 24 als Kapazitätsspannung. Schließlich zeigt noch Figur 9 den sich verändernden Wechselstromwiderstand bei zunehmender Fußbeladung g/l (Gramm pro Liter Volumen) bei zwei unterschiedlichen Messfrequenzen. Bei der Messfrequenz 1 MHz gilt die auf der linken Seite dargestellte Widerstandsmessskala und bei einer Messfrequenz von 4 MHz die auf der rechten Seite dargestellte Widerstandsmessskala.

Zusätzlich zum Betrag der elektrischen Impedanz kann auch die Phase der elektrischen Impedanz als Maß für den Verrußungszustand des Fußpartikelfilters verwendet werden.

Die beschriebenen Messmethoden sind selbstverständlich entsprechend für den Fußsensor 16 bzw. dessen Messelektroden 18, 19 einsetzbar.

Beim in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die beiden Elektrodenpaare mit den Messelektroden 20, 21 bzw. 22, 23 in der Strömungsrichtung A hintereinander angeordnet. Hierdurch kann die Fußpartikelbeladung auch örtlich bzw.

räumlich differenziert gemessen werden. Die Zahl der Mess-elektroden kann hierzu selbstverständlich auch noch größer sein. Dabei können diese Elektrodenpaare auch noch in axialer und radialer Richtung zueinander versetzt und beispielsweise spiralförmig angeordnet sein. Auch eine alternative oder zusätzliche Anordnung an den Stirnflächen des Rußfilterkörpers 13 ist möglich. Im einfachsten Falle kann selbstverständlich auch nur ein einziges Elektrodenpaar vorgesehen sein.

In den Figuren 4 bis 6 sind weitere Anbringungsmöglichkeiten der Messelektroden möglich. So können gemäß Figur 4 zwei Messelektroden 25, 26 an zwei nebeneinanderliegenden Längsseiten des Rußfilterkörpers 13 angeordnet sein. Gemäß Figur 5 sind zwei Messelektroden 27, 28 an unterschiedlichen Sackkanälen 14 und gemäß Figur 6 zwei Messelektroden 29, 30 gegenüberliegend an einem der Sackkanäle 14 angeordnet. Auch bei diesen Ausführungen können wiederum mehrere Elektrodenpaare in der Strömungsrichtung A hintereinander angeordnet sein, wobei auch Kombinationen der dargestellten Anordnungen möglich sind.

Das Messsignal für die Rußpartikelbeladung des Rußfilterkörpers 13 oder des Keramiksubstrats 17 ist temperaturabhängig. Zur Kompensation muss daher die Temperatur durch wenigstens einen Temperatursensor gemessen werden, wobei dann das Temperaturmesssignal zur Kompensation der in den Figuren 7 bis 9 dargestellten Kennlinien und Messergebnisse verwendet wird. Ein solcher Temperatursensor kann beispielsweise an einer beliebigen Stelle im Rußfilterkörper 13 angeordnet sein, er kann jedoch auch beispielsweise in oder an einer der Messelektroden integriert sein, beispielsweise in Form eines aufgedruckten Dickschichtmetallwiderstandes. Es kann sich dabei um eine aufgedruckte elektrische Leiterstruktur handeln, oder eine Messelektrode oder mehrere Messelektroden können die

Form einer elektrischen Leiterbahn haben, deren Widerstandswert von der Temperatur abhängt. Die Widerstände der Messelektroden selbst sind dann ein Maß für die Temperatur und die Impedanzen zwischen den Messelektroden ein Maß für den Filterzustand bzw. die Filterbeladung mit Ruß. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Temperatursensor durch eine Isolationsschicht getrennt unter einer Messelektrode anzugeben. Im Falle des Rußsensors 16 kann der Temperatursensor auch an der Rückseite des Keramiksubstrats 17 angeordnet sein oder ebenfalls durch ein Dielektrikum getrennt unter den Messelektroden 18, 19 angeordnet sein.

Die erhaltenen Messwerte bzw. Messkurven gemäß den Figuren 7 bis 9 können auch zur automatischen Regenerierung des Rußpartikelfilters herangezogen werden. Es können hierzu Grenzwerte für den Widerstand bzw. die Kapazität oder Impedanz gebildet werden, nach deren Erreichen automatisch die Filterregenerierung ausgelöst wird. Diese erfolgt üblicherweise durch Veränderung des Motorbetriebszustandes derart, dass heißere Abgase gebildet werden, durch die im Rußpartikelfilter abgesetzte Rußpartikel verbrennen. Durch diesen Regenerationsvorgang verändern sich die Widerstands- bzw. Kapazitäts- und/oder Impedanzwerte in der umgekehrten Richtung und es können neue Grenzwerte festgesetzt werden, ab denen der Regenerationsvorgang beendet wird.

DaimlerChrysler AG

Ulfa Bonn

04.02.2004

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Feststellung des Zustands eines Rußpartikelilters, insbesondere für Dieselmotoren, mit einem Rußsensor zur Messung der abgelagerten Rußmenge, dadurch gekennzeichnet,  
dass im Filterraum als Rußsensor wenigstens ein aus zwei voneinander beabstandeten Messelektroden (18, 19; 20 bis 23; 25, 26; 27, 28; 29, 30) bestehendes Elektrodenpaar an oder im Rußfilterkörper (13) oder einem Substrat (17) angeordnet ist, und dass Messmittel (24) zur Erfassung des Gleichstromwiderstands und/oder der elektrischen Impedanz zwischen den Messelektroden als Maß für die Verrußung vorgesehen sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messmittel (24) zur Messung des Wechselstromwiderstandes und/oder der Kapazität ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messmittel (24) zur Messung des Betrags und der Phase der elektrischen Impedanz ausgebildet sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Impedanzmessung ein Wechselstrom mit einer Frequenz im kHz- bis MHz-Bereich vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass Schaltmittel zur automatischen Einleitung der Filterregenerierung bei Erreichen eines vorgebbaren Auslösemesswerts vorgesehen sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass Schaltmittel zur automatischen Beendigung der Filterregenerierung bei Erreichen eines vorgebbaren Grenzmesswertes vorgesehen sind.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
dass Temperaturmessmittel zur Erfassung der Filtertemperatur und zur Temperaturkompensation des Messsignals vorgesehen sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Temperaturmessmittel wenigstens ein Temperatursensor an oder in wenigstens einer der Messelektroden (18 bis 23, 25 bis 30) integriert ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Temperatursensor als aufgedruckte temperaturabhängige Leiterstruktur, insbesondere Dickschichtmetallwiderstand ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die wenigstens eine Messelektrode zur Bildung eines Temperatursensors als temperaturabhängige Leiterstruktur ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messelektroden (18 bis 23, 25 bis 30) des wenigstens einen Elektrodenpaars in Form von Drähten, Plättchen, aufgetragenen Flächen oder in Dickschichttechnik auf oder in dem Rußfilterkörper (13) oder auf dem Substrat (17) angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messelektroden (18, 19) des wenigstens einen Elektrodenpaars in Form einer Interdigitalelektrodenstruktur auf dem als Keramiksubstrat ausgebildeten Substrat (17) angeordnet sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Temperatursensor durch ein Dielektrikum getrennt unter einer der Messelektroden (18, 19) oder an der Rückseite des Substrats (17) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messelektroden (20 bis 23, 25 bis 30) des wenigstens einen Elektrodenpaars in oder an unterschiedlichen Kanälen (14, 15) durch den

Rußfilterkörper (13) oder an dessen Außenseite angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messelektroden (20 bis 23, 25, 26) des  
wenigstens einen Elektrodenpaars an der Längsaußenseite  
und/oder an Stirnflächen des Rußfilterkörpers (13)  
angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Elektroden (20 bis 23) mehrerer Elektrodenpaare  
in axialer und/oder radialer Richtung nebeneinander ange-  
ordnet sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16,  
gekennzeichnet durch eine spiralförmige Anordnung der  
Elektroden mehrerer Elektrodenpaare.
18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messmittel (24) zur Messung mehrerer  
Elektrodenpaare und zur Ortsauflösung der Rußbeladung des  
Rußfilterkörpers (13) ausgebildet sind.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Substrat (17) bezüglich der Strömungsrichtung  
(A) durch den Rußpartikelfilter hinter dem  
Rußfilterkörper (13) von diesem getrennt oder an dessen  
Rückseite angeordnet ist.

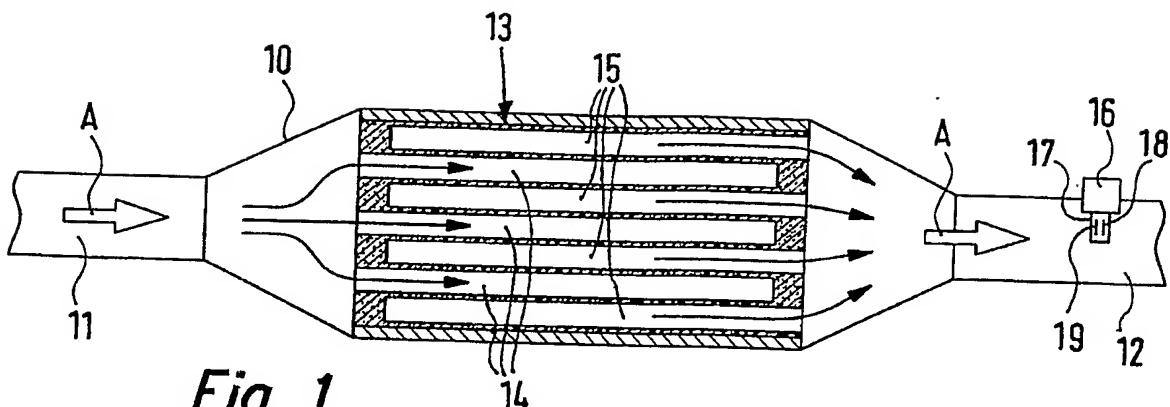


Fig. 1

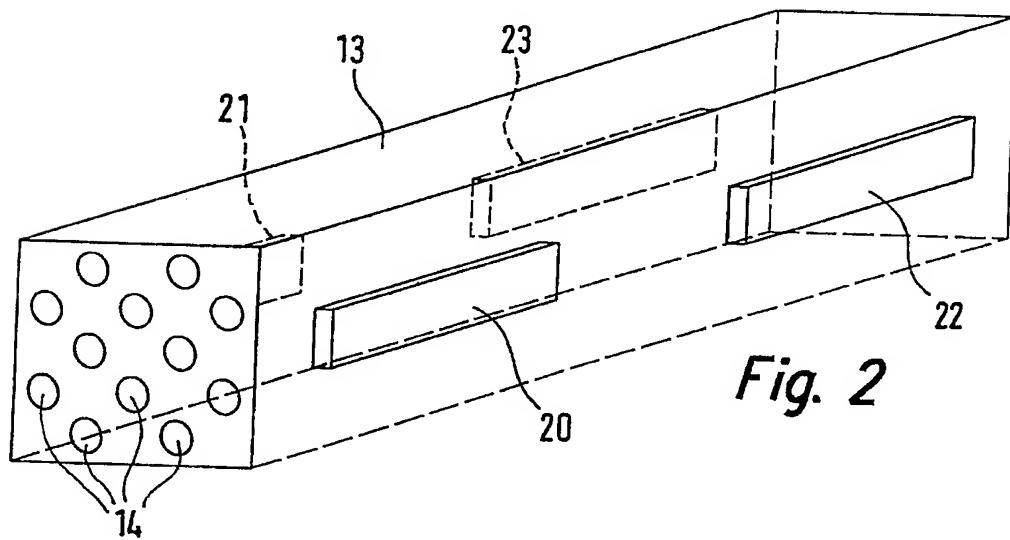


Fig. 2

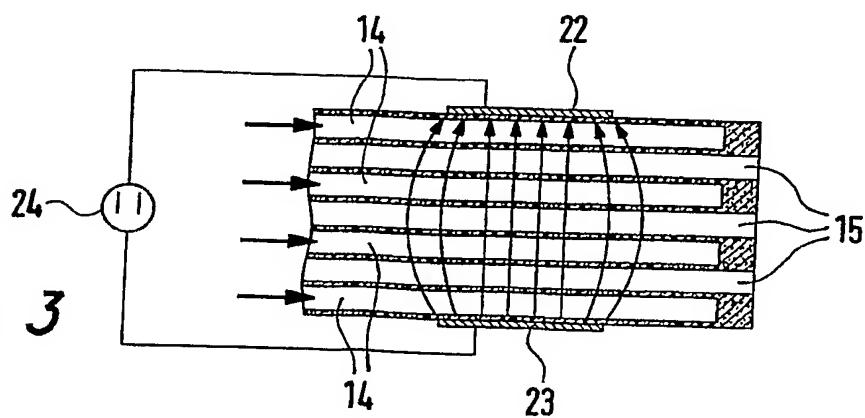
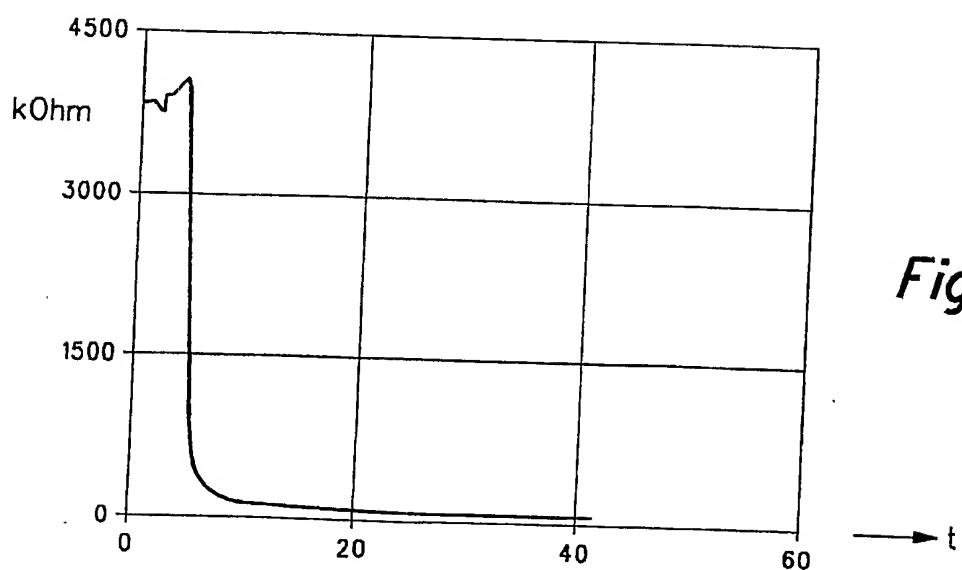
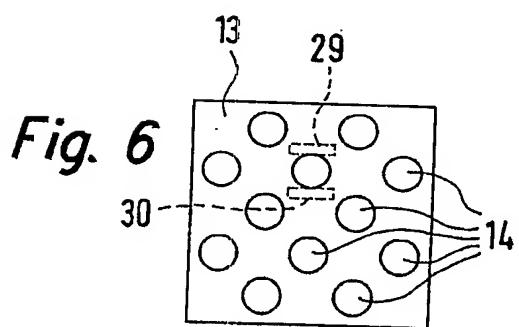
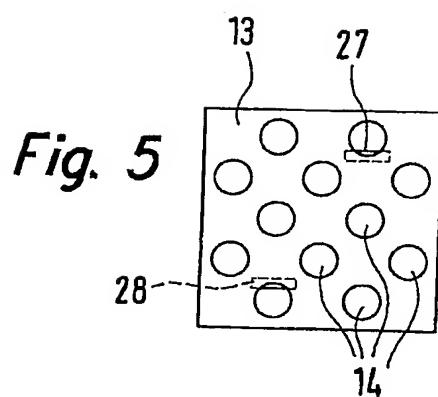
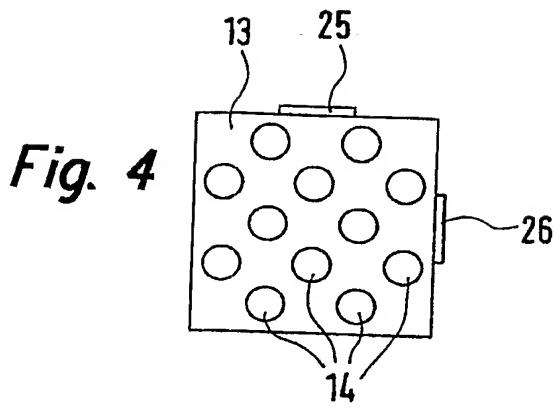


Fig. 3



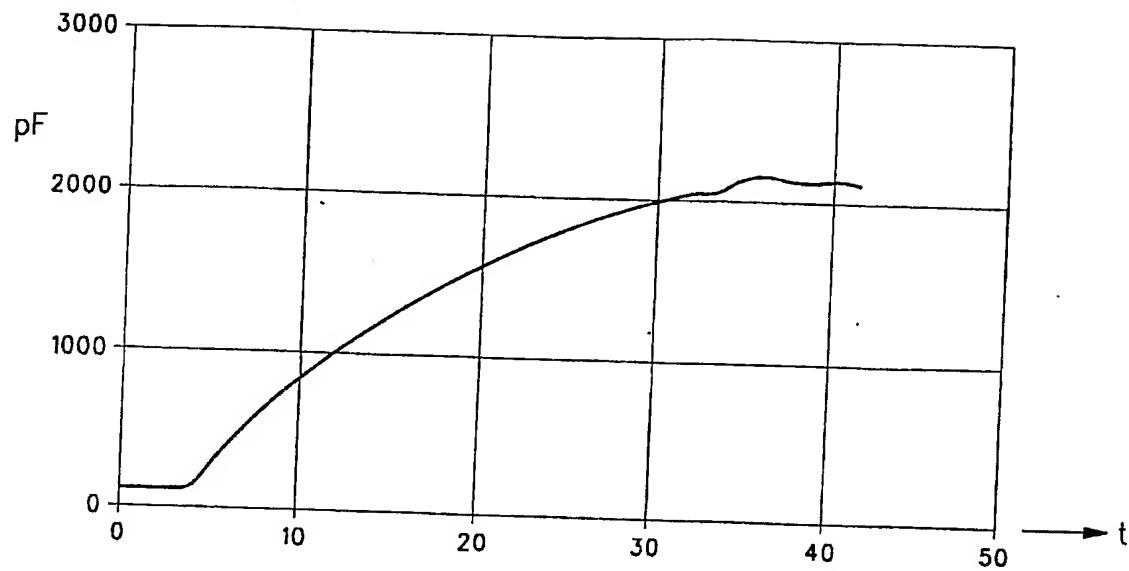


Fig. 8

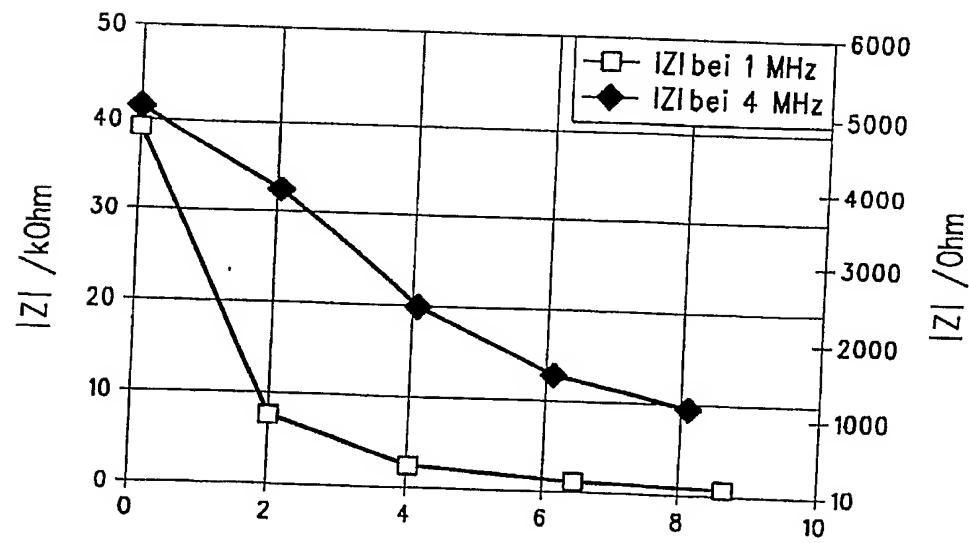


Fig. 9

DaimlerChrysler AG

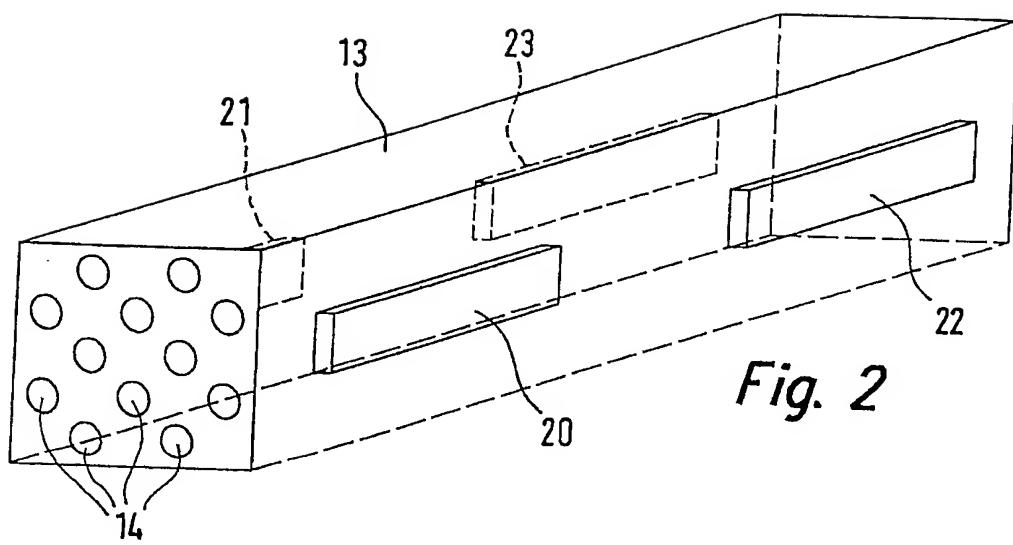
Ulla Bonn

04.02.2004

### Zusammenfassung

Es wird eine Vorrichtung zur Feststellung des Zustands eines Rußpartikelfilters, insbesondere für Dieselmotoren vorgeschlagen, wobei ein Rußsensor zur Messung der abgelagerten Rußmenge vorgesehen ist. Dieser ist im Filterraum angeordnet und besteht wenigstens aus zwei voneinander beabstandeten Messelektroden (20 bis 23) am oder im Rußfilterkörper (13) oder einem Substrat. Messmittel dienen zur Erfassung des Gleichstromwiderstands und/oder der elektrischen Impedanz zwischen den Messelektroden (20 bis 23) als Maß für die Verfärbung. Hierdurch kann die Rußbeladung direkt mit einer einfachen und kostengünstigen Anordnung gemessen werden

(Figur 2)



*Fig. 2*